



TITLE:

プレート境界岩にのこるロバスト
な構造:せん断シールドクラック
(粉体物理の現状と展望,2006年度後
期基礎物理学研究所研究会)

AUTHOR(S):

鳥海, 光弘

CITATION:

鳥海, 光弘. プレート境界岩にのこるロバストな構造:せん断シールド
クラック(粉体物理の現状と展望,2006年度後期基礎物理学研究所研
究会). 物性研究 2007, 88(2): 231-233

ISSUE DATE:

2007-05-20

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/110807>

RIGHT:

プレート境界岩にのこるロバストな構造—せん断シールド クラック

東京大学新領域創成科学研究科

鳥海光弘

プレートの縁辺部はいわゆるプレート境界部に相当する。東北日本や西南日本における沈み込みプレート境界の10–50 km深度の部分は、最近になって高精度の地震波探査と地震波トモグラフィによって、詳細な3次元構造が明らかになってきた。その結果、プレート境界に沿って特徴的に地震波速度が急減する領域があり、その上面にはところどころに顕著な地震波の反射面が観測された。その厚さは約1–5 km程度である。そして反射の著しい部分ではしばしば地震活動が少なくなり、一方そうした反射面が見られない境界帯では大きな境界型地震ややや小さい繰り返し地震または相似地震が多発していること、すなわち大小のアスペリティが分布していることが明らかとなった。こうしたアスペリティが集まる部分は大体30–50 km程度の間隔でプレート境界に沿って分布している。これは境界帯が物性的にも沈み込むプレートと力学的に結合している部分とあまり結合していない部分とに領域分割されていることを意味している。そしてそれらの領域はそれぞれ地震波速度が急減しない部分と急減する部分に対応していることが判明した。物質科学的にはこうした地震波速度の急減は、岩石が大きく変化したことでは V_p/V_s 比の急激な増加を説明す

ることができなく、それは流体、H₂O に富んだ流体が相として多く含まれているとするモデルが最も合理的である)。

ところでこうした H₂O が相として多く境界岩に含まれる状態はどのように考えられるか。鳥海・山口では過去のプレート境界岩であったと推定される変成岩に共通に見られるシールされたクラック、ここではシールドクラックと呼んでいる鉱物脈が多数配列しており、それらが基本的に H₂O を主成分とする流体から直接鉱物が沈殿し、シールしたこと、そしてシールに関与した流体の体積は、シール鉱物の溶解度によりほぼシールドクラックの体積の 1 万倍程度、つまり、シールドクラックが大体岩石の体積比で 0.01 程度であるため、岩石の体積にたいして 100 倍程度の流体体積が積分的には存在したことを示した。したがって全シールドクラックの体積を時間的に割り振ることである程度の流体存在量を推定することができる。単純には $100 \times 1/100$ 万年程度であれば 0.01%/年であろう。この程度の H₂O の体積比を持っていたと考えられる。

一方、Takei は理論的に流体が粒子間に平衡に入る場合とクラックのように非平衡的に入る場合でどのように効果的に地震波速度を減少させるかを求めた。この結果を適用すると明らかに非平衡的なアスペクト比の大きな流体相のほうが地震波速度の減少効果が大きい。このことから境界岩にみられる地震波速度の大きな減少は粒子境界の流体相ではなくクラックに入る流体相によるものと考えられる。

このようなプレート境界では、岩石は破壊や化学反応、および流体移動などのプロセスが競合して変化している。これらの物理過程は様々なスケールの構造を作り上げているはずである。特に反応と拡散だけではそれらの空間スケールは大変小さいが、流体移動と流体を媒介した拡散は十分に早く、したがって空間スケールも比較的大きな構造を作るだろう。そうした構造形成はプレート

境界の力学的な結合の強さや流体移動の速度などをきめるとともにより微細な構造形成をも促すことになる。そうした微細な構造形成は境界で形成された変成岩に記録されていて、しばしば鉱物組成の縞状構造をつくりあげている。そのスケールは10 cm程度から0.1 mm程度の広がりがあり、あきらかに固体内部の拡散ではなく、流体相の結合度とそのなかの高速拡散がこの多様性と空間スケールをきめていることがわかる。そして当然時間スケールも決めているはずである。

今回問題とするのはせん断型クラックにともなうシールドクラックの形成である。本来せん断クラックが平面的にせん断運動を行うならば不連続面にそうせん断変形しか起こらず、流体が占有するであろうクラックの形成はない。しかし、岩石が塑性変形を起こしうるほどにゆっくりしたせん断の不連続面が形成されるならば、そのせん断面は平面のままでは安定ではなく、適当な周期の微小変位は次第に発達することが流体力学的には確立している(巽、1975)。そのような発達するパーターベーションは岩石内部に発生する不連続せん断面の周りの特徴的なレイノルズ数に依存するが、この場合のように極めて小さい値のときにも0ではない有限の波数のときに最大の振幅の発展があるだろう。そのような波長の波をもったせん断面がさらにせん断変形を進行させていけばしだいにその波の立ち上がりの部分に周囲から流体が浸透してくることになる。逆にいえばその浸透する流体のフラックスとせん断変形による空間の形成速度が一致する限りにおいて、そのような振幅を持った波は安定に開き続けることになる。そしてそのような流体に占められたクラックは流体圧の変化により、鉱物を沈殿させ、定常的にクラックをシールすることが出来る。こうして形成されたシールドクラックは岩石中に物理化石として残る。今回はシールドクラックについて紹介した。